

DIE SEITENKANÄLE DER OBEREN FRONTZÄHNE
UND PRÄMOLAREN DES MENSCHEN

VON

PETER BOETTCHER

Mainz

1963

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Prof. Dr. Dr. M. Herrmann)
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

DIE SEITENKANÄLE DER OBEREN FRONTZÄHNE
UND PRÄMOLAREN DES MENSCHEN

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät der
Johannes Gutenberg-Universität zu Mainz

vorgelegt von

PETER BOETTCHER

MAINZ 1963

Dekan: Professor Dr. H. Bredt
Referent: Professor Dr. Dr. M. Herrmann
Tag der mündl. Prüfung: 28. Januar 1963



GESAMTHERSTELLUNG:

DITTERS BÜRODIENST, MAINZ, Augustinerstraße 64-66

INHALT

I) Literarischer Teil

1. Einleitung,
allgemeine Beschreibung makroskopischer und mikroskopischer Befunde
2. Historische Methoden zur Darstellung der feineren Anatomie der Wurzelkanäle
3. Anlaß dieser Arbeit, Aufgabenstellung

II) Experimenteller Teil

1. Forderungen an die Untersuchungsmethode
2. Die Methode
3. Befunde, Auswertungen und Ergebnisse
4. Kritisches
5. Diskussion

III) Zusammenfassung

IV) Literaturverzeichnis

I.

Über die feinere Anatomie der Zähne gab 1844 CARABELLI (3) in seinem Lehrbuch erste genaue Beschreibungen in bezug auf Anzahl und Verlauf der Wurzelkanäle und fügte teilweise schon Abbildungen von Pulpenkammern bei. Durch PREISWERK (29), FISCHER (5), ADLOFF (1), HESS (13) u. v. a. (11, 22, 38) wurde bekannt, daß die Pulpa die äußere Form des Zahnes wiederholt, aber häufig kein monoton geformtes Rohr darstellt. An allen Zähnen werden Verästelungen beobachtet, und zwar vor allem im apikalen Gebiet. So schreibt KANTOROWICZ: "Die Wurzelräume der Zähne des menschlichen Gebisses sind im allgemeinen der äußeren Wurzelform konform, zeigen aber je nach Zahngattung variierende, mehr oder weniger weitgehende Differenzierung. Die Markkanäle, apikalen Verzweigungen oder auch Neben- und Seitenkanäle kommen in sämtlichen Zahngattungen vor, und zwar regelmäßig für jede Zahngruppe. Sie stellen Verbindungskanäle zwischen dem Hauptkanal und Periost dar, indem sie in Ein- oder Mehrzahl das Wurzel-dentin und das Zement durchziehen."

Sie kommen auch an Milchzähnen vor (18).

Für die Genese solcher Verzweigungen ist die Entwicklung des gesamten Pulpenraumes bestimmend. Denn wie der Pulparaum im Laufe des Lebens durch ständige Anlagerung von mehr oder weniger kleinen Schichten sekundären Dentins verkleinert wird, indem sich am Primärdentin gleichmäßig, bald örtlich scharf begrenzt, bald fließend, in andere Anbauzonen übergehend, das Reizdentin der Gebrauchsperiode ansetzt, so tritt dasselbe im Wurzelkanal vieler Zähne auf (4). Ursprünglich, in jedem Falle solange der Apex noch nicht geschlossen ist, gibt es nur ein weites Lumen. Die Bildung zweier Wurzelkanäle erfolgt bevorzugt bei den abgeplatteten Wurzelformen, bei denen eine, gegebenenfalls latente, Spaltungstendenz mit zunehmender Dentinapposition besteht (16).

Die von HESS (13) nach Altersklassen eingeteilten Untersuchungen zur Anatomie der Wurzelkanäle waren für die Frage nach der Genese der Wurzelkanalverzweigungen von grundlegender Bedeutung.

In kurzer Zusammenfassung besagt diese Einteilung, daß die beschriebenen Strukturteile im jugendlichen Alter, also noch bevor das Foramen apicale seine endgültige Form hat, fast ganz fehlen. Erst später gesellt sich die fortschreitende Teilung des Wurzelkanals mit der Bildung von Seitenkanälen und Anastomosen hinzu (16). In der Zeit vor der Einengung der Wurzelspitze sind noch keine Verästelungen vorhanden; diese bilden sich später und gleichzeitig mit der Kanalteilung.

Wie sich im späten Alter die Wurzelkanäle verengen und manchmal ganz verschwinden, können auch die Verästelungen der Wurzelkanäle völlig obliterieren.

Das hat die zahnmedizinische Forschung schon frühzeitig interessiert, denn Erfolg oder Mißerfolg einer Wurzelbehandlung sind weitgehend von diesen anatomischen Gegebenheiten abhängig (28,40,14). Können doch die Ramifikationen, die vom Hauptkanal zum Parodontium ziehen, sehr leicht zu einer Reinfektion Anlaß geben (2,6,15). F. W. PROELL (30) schreibt hierzu: "Der eigentliche Zweck und das endgültige Ziel der Darstellung des komplizierten Kanalsystems in unserem Dentin ist nun aber fraglos, dem praktischen Zahnarzt die Schwierigkeit vor Augen zu führen, infizierte Wurzelkanäle mit Erfolg zu behandeln und ihm zugleich den Weg zu weisen, wie er dieser verantwortlichen Aufgabe zum Besten seiner Patienten gerecht wird. "So ist es verständlich, daß die Arbeiten, die das Auffinden von Seitenkanälchen zur Folge hatten, mitunter durchgeführt wurden, um die Güte einer Wurzelfüllung auf die Probe zu stellen"(10). Je besser eine Wurzelfüllung gelingt, um so mehr werden auch apikale Verzweigungen mit abgefüllt werden. Daraus erklärt sich, daß die Methodik der Untersuchung der feineren Struktur der Pulpa damit begann, das Kanalsystem des Zahnes mit einem Kontrastmittel anzu- füllen - der technische Vorgang entspricht ganz dem einer Wurzelfüllung - und anschließend sichtbar zu machen.

Für die Darstellung der feinen Struktur der Pulpa, ihrer Seitenkanälchen, apikalen Verzweigungen und Ramifikationen bestehen zwei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten:

1. Darstellung durch Anfüllung des Kanalsystems und anschließende Sichtbarmachung in natürlicher Größe durch
 - a) Entfernung der Zahnhartsubstanzen (Korrosionsmethode) oder
 - b) Aufhellen der Zahnhartsubstanzen und
2. die mikroskopische Untersuchung des präparierten Zahnes.

Die ältere Methode ist dabei die Ausfüllung des Kanalsystems mit einem Kontrastmittel. Da im Anschluß an die Ausfüllung der Pulpa und ihrer Seitenkanäle eine Sichtbarmachung der Verzweigungen erfolgt, muß ein möglichst stark angefärbtes oder besonders dichtes (evtl. metallisches) Medium zur Füllung verwendet werden, weil sonst kein genügender Kontrast zum umgebenden Hartgewebe des Zahnes vorhanden ist. Diese Forderung wird naturgemäß mit steigender Viskosität des gewählten Füllungsmittels besser erfüllt. Es läßt sich aber nicht wahllos ein dichtes Medium, z. B. flüssiges Metall, verwenden, weil eine geradezu entgegenlaufende Forderung eine weitgehende Dünnschicht-

keit verlangt. Nur ein Füllungsmittel mit geringer Viskosität wird in der Lage sein, in die feinen und feinsten Kanälchen einzudringen und diese auszufüllen. Schon aus diesen beiden Forderungen an das zu wählende Material erkennt man die Schwierigkeiten, die sich bei dem Verfahren nach dieser Methode auftun. Hier möglichst hohe Viskosität, da möglichst große Dünnschichtigkeit. Bei der Wahl eines solchen Mittels ist aber auch noch dafür Sorge zu tragen, daß es eine ausreichende Eigenfestigkeit hat, denn es bleibt bei einigen der historischen Methoden - dem Korrosionsverfahren -, wie wir gleich sehen werden, am Ende als bizarres Gerüst erhalten, ohne durch die Kanalwandung oder die umgebende Zahnhartsubstanz gestützt zu werden.

1a) Korrosionsmethode

Eine solche Methode der Ausfüllung mit Metall verwendete PREISWERK 1901 für seine Untersuchungen.

Die im folgenden aufgeführten Beschreibungen von Methoden zur Darstellung von Verzweigungen im Kanalsystem der Pulpa entnehme ich einer Zusammenstellung aus der Arbeit RICHTERS (32).

"Zähne mit freigelegter Pulpa werden bei 30°C soweit mazeriert, bis eine genügende Zerstörung des Pulpengewebes gewährleistet ist. Nach guter Trocknung werden die Zähne leicht mit Fließpapier umwickelt und in einer der Höhe des Zahnes entsprechenden dicken Lage Gips eingebettet. Hierauf wird ein 10-12 cm hoher, spitzer Trichter aus dünnem Karton geklebt und mittels weißem Leim in dem Kronenpulparaum befestigt. Das ganze wird nun vorsichtig erwärmt, bis kleine Stückchen Woodmetall, die man in den Trichter gelegt hat, anfangen zu schmelzen. Unter Beibehaltung der Schmelztemperatur wird der Trichter vollständig mit Woodmetall gefüllt. Die eigene Schwere der 10-12 cm hohen Metallsäule drückt das flüssige Metall in die Hohlräume des Zahnes. Durch vorsichtiges Aufstoßen des ganzen Präparates auf seine Unterlage kann man diesen Vorgang wesentlich unterstützen. Nachdem die völlige Erkaltung des Metalls eingetreten ist, schneidet man den aus dem Zahn hervorragenden Teil ab. Zur Lösung des Zahnbeins von dem Metallkern bringt man die ausgegossenen Zähne auf 3-4 Wochen in eine 20%ige Kalilauge von 40-45°C Wärme. Über die gewonnenen Präparate sagt Preiswerk: '... daß sich nicht selten in gewissen Wurzeln ein anastomosierendes Kanalsystem vorfindet, das sich an den Korrosionen als reich verästeltes Metallgeflecht dokumentiert.' "

Einige kritische Bemerkungen hierzu sollen später folgen, da sie jeweils für die ganze Gruppe der Methoden zutreffend sind.

Methode FISCHER, 1908:

Die eröffneten, in ihrem Wurzelteil unbeschädigten Pulpen frisch extrahierter Zähne werden über längere Zeit mazeriert und ausgewaschen. Nach dem Trocknen und dem Entzug allen Wassers wird der zu untersuchende Zahn in Aceton pur. gebracht. Nach der Durchdringung mit Aceton bringt man die Zähne einzeln in ein Reagenzglas, übergießt sie mit einer Lösung aus einem Volumenteil fein geschnittener Zelluloidstückchen und 8 Teilen Aceton pur. und verschließt gut. Später wird durch Verdunstung des Acetons eine Eindickung der Flüssigkeit erreicht. Nach Wochen setzt sich aus der in ihrer Menge immer wieder ersetzten Flüssigkeit infolge der ständig steigenden Konzentration ein Bodensatz an eingedickter Zelluloidschicht unten im Glas ab, von dem man annimmt, daß er auch die Hohlräume des Zahnes mit allen Verzweigungen ausgefüllt hat. Nach Entfernen allen Überschusses werden die Zahnhartsubstanzen in 50%iger Salzsäure im Brutschrank bei 25°C in 10-14 Tagen aufgelöst. Übrig bleibt ein Zelluloidausguß, der "unter Glas unbegrenzt lange trocken aufbewahrt werden kann".

Ein weiteres Beispiel der Korrosionsmethode gibt uns HESS 1917 in seiner umfangreichen Arbeit.

Alles ist so ähnlich wie bei der vorhergegangenen Methode, nur wird hier Kautschuk anstelle des Zelluloids zur Füllung verwendet. Die Mazeration geschieht in der gleichen Weise. Der in seinem Kronenteil eröffnete Zahn wird in eine Küvette eingebettet und so gut wie möglich mit rotem Kautschuk vollgestopft. Anschließend wird vorgepreßt und in der bekannten Weise bei 7 Atm. eine Stunde lang vulkanisiert. Schmelz und Dentin werden in 50%iger Salzsäure im Thermostaten bei 25-30°C während weniger Stunden aufgelöst.

Das fertige, schön rot gefärbte Präparat wird gut und sorgsam abgespült, von dem am Kronenteil befindlichen Überschuß befreit und kann dann, auf einer Unterlage in geeigneter Weise befestigt, gegen chemische Einflüsse so gut wie völlig unempfindlich, beliebig lange haltbar aufbewahrt werden.

Bei kritischer Betrachtung der genannten drei Verfahren der Korrosionsmethode ist allgemein als Nachteil zu betrachten, daß keine Kontrolle darüber besteht, in welchem Maße in den Kanälen enthaltene Gewebsreste entfernt werden konnten und ob die Luft vor dem eindringenden Füllmaterial restlos gewichen ist. Es ist uns keine sichere Gewähr dafür gegeben, daß selbst bei Anwendung von erheblichem Druck alle Luft aus dem Zahninnern der eindringenden Füllmasse weicht. Da es, wie wir heute mit Sicherheit wissen, Ramifikationen gibt, die blind im Dentin oder Zement endigen, so glaube ich, daß diese Erwä-

gung berechtigt ist. Es ist nicht ohne weiteres einzusehen, daß in solchen Fällen die eingeschlossene Luft von dem jeweils angewandten Füllungsmaterial resorbiert wird oder infolge des Druckes durch die Hartschubstanz des Zahnes hindurch entweicht (32).

Es ist ferner zu bedenken, daß auch heißer Kautschuk immer noch eine sehr zähflüssige Masse darstellt, die beim Vordringen in die feinsten Kanälchen eine erhebliche Reibung und einen wahrscheinlich noch größeren Luftwiderstand zu überwinden hat. Es ist eher anzunehmen, daß die im Zahn eingeschlossene Luft durch den angewendeten Druck auf ein Minimum reduziert wird, als daß sie durch den einbettenden Gips entweicht. Wie groß jeweils dieses Minimum ist, läßt sich nicht feststellen. Auch können wir aus einem Korrosionspräparat niemals ersehen, ob die parodontalwärts gerichteten Ramifikationen das Parodontium erreichen oder nicht.

Zeigt uns also ein Präparat, das nach dieser Methode gewonnen wurde, gar keine oder nur angedeutete Verzweigungen, so wissen wir nicht mit Sicherheit, ob dieses Präparat in allen Teilen dem feineren Bau des Wurzelkanals entspricht, oder ob der negative Befund ein Ergebnis der mangelhaften Füllung ist. Eine differenzierte Diagnose zwischen einem blind in den Hartschubstanzen endenden Kanal (sogenanntes blindes Ende) und einem das Parodontium erreichenden Seitenkanal wird dadurch sehr erschwert.

Diese Entscheidung mag bei der Frage nach den Verzweigungen der Pulpa nicht so bedeutsam erscheinen, ist aber entscheidend, wenn zu der rein statistischen Feststellung der Häufigkeit solcher Verzweigungen der Gesichtspunkt nach den sich daraus ergebenden Konsequenzen für die praktische Zahnheilkunde hinzukommt. Betrachtet man unter dem Aspekt der Durchführbarkeit einer Wurzelbehandlung das Vorkommen von Kanalverzweigungen, so wird man über blinde Enden ruhiger denken können als über Seitenkanälchen, können doch letztere den Erfolg eines solchen therapeutischen Vorgehens erheblich beeinflussen.

Allen Untersuchungen über die feinere Struktur des Zahninneren, die anhand von Korrosionspräparaten geführt wurden, haftet zudem der gemeinsame Mangel an, daß durch den Verlust der Hartschubstanzen die plastischen Vorstellungen von den Beziehungen des Wurzelkanals zum Gesamtbau der Wurzelanlage leiden.

1b) Aufhellungsverfahren

Diese Methode besteht darin, daß mazerierte Zähne mit einem Kontrastmittel angefüllt, entkalkt, gebleicht, entwässert und in Benzol, Tetralin und

bzw. oder Wintergrünöl aufgehellte werden (1, 9, 19, 23, 36).

MORAL benutzte chinesische Tusche, die er mit Millernadeln einbrachte, zur Kanalfüllung. GARUS verwendete teils Tusche, teils Wurzelfüllpaste "Albrecht-Neu" und füllte auch mit Millernadeln ab (9).

GARUS (9) schreibt darüber selbst: Mit Kontrastverfahren lassen sich nur "makroskopische" Seitenkanälchen anfüllen, während erst die mikroskopische Betrachtung histologischer Schnitte die feinsten Verästelungen offenbaren.

Aus diesem Grund hat er auch 20 Zähne nach dem Serienschchnittverfahren betrachtet. Daß er nur bei 7 Zähnen feinste Seitenkanälchen fand, obwohl er schon Zähne wählte, die erfahrungsgemäß häufig apikale Verzweigungen in hohem Maße besitzen, liegt daran, daß er keine entsprechenden Apparate zur Verfügung hatte, denn wie er selbst bemerkte, "war es leider nicht möglich, eine exakte histologische Technik anzuwenden, zu der unbedingt ein ordentliches Mikrotom gehört". Ihm stand nur eine Eigenkonstruktion eines Rasiermesser-Behelfs zur Verfügung, mit dem er Schnitte ab 40 Mikron Dicke ausführen konnte.

2.

Die mikroskopische Untersuchung des präparierten Zahnes

Vom zu untersuchenden Zahn werden nach entsprechender - und bei den jeweiligen Autoren etwas unterschiedlicher - Vorbehandlung in lückenloser Weise Serienschritte hergestellt. Bei entsprechender Anfärbung lassen sich die einzelnen Präparate ihrer Reihenfolge nach im Mikroskop betrachten. Die Befunde können auf Papier übertragen oder über Spezialprojektionsapparate als Bild wiedergegeben werden. Von da lassen sie sich umzeichnen. Durch Koordinierung der Einzelbilder ist die Rekonstruktion der räumlichen Anordnung der Kanalverzweigungen möglich.

Diese Methode wurde zum ersten Male systematisch von HESS (13) im Jahre 1917 angewendet. Er untersuchte über 200 Zähne und davon 50 nach dieser Methode.

In einer ähnlichen Arbeit kam sein Schüler KELLER (19) 1928 zu ähnlichen Resultaten.

Interessanterweise liegt aber seit kurzer Zeit eine umfassende Arbeit über die Anatomie der Wurzelkanäle von W. MEYER und E. SCHEELE aus den Jahren 1954-59 vor, in der die Autoren über eine bis dahin nicht gekannte Vielzahl apikaler Verästelungen berichten (25, 26, 27, 29, 34).

Wissen wir doch schon von HESS, daß "von 50 (mikroskopisch) untersuchten Zähnen 48 apikale Verästelungen verschiedenster Art zeigen, neben den bereits makroskopisch festgestellten Verzweigungen fanden sich an den apikalen Bezirken eine ganze Reihe von feinsten Kanälchen, die sich häufig zu einem ganzen System vereinigten und ein siebartiges Gitterwerk der Wurzelspitze darstellten" (9).

Lesen wir noch in dem Handbuch für die zahnärztliche Praxis[†]): "Es ist beinahe als normal zu betrachten, daß sich der Wurzelkanal vor seinem Übergang in den Zementmantel des Apex in zwei oder drei deltaähnlich verlaufende Caniculi verästelt. Es dürfte aber meistens so sein, daß der Kanal nur einen kurzen, engen apikalen Seitenkanal abspaltet."

Somit verdient die Arbeit von MEYER und SCHEELE unsere besondere Beachtung, stellt sie doch sowohl in bezug auf das an bestimmten Zahngattungen beobachtete prozentuale Vorkommen von Kanalverzweigungen neue Ergebnisse vor als auch in bezug auf die Anzahl von Seitenkanälchen bei Zähnen mit verzweigtem Kanalsystem. Aus der Tabelle 1 sind die Prozentzahlen der einzelnen Zahntypen ersichtlich, bei denen Seitenkanälchen beobachtet wurden. Es ist schon auffallend, daß die Ergebnisse von MEYER um das Doppelte so hoch sind wie die von HESS und KELLER.

Name des Autors	Zahntyp im OK				
	1	2	3	4	5
Hess	25	31	26	41	50
Keller	28	24	34	36	32
Meyer	54	58	78	78	88

Tabelle 1

Prozentzahlen der einzelnen Zahntypen mit Seitenkanälchen. Bei Hess und Keller sind die blinden Enden mit enthalten, bei Meyer nur die durchgehenden Kanälchen.

Die Tabelle 2 zeigt die Maxima der beobachteten durchgängigen Seitenkanälchen an den Frontzähnen und Prämolaren des Oberkiefers des menschlichen Gebisses, geordnet nach den Zahngattungen als Ergebnis der Arbeiten von Hess (13), Keller (19) und Meyer (26, 29).

[†]) Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Handbuch für die zahnärztliche Praxis. K. Häupl, W. Meyer und W. Schuchardt. Berlin/München 1960, Bd. 1, 180, de Jonge, Th. E. :

Name des Autors	Zahntyp im OK				
	1	2	3	4	5
Hess	3	3	3	5	5
Keller	4	4	4	5	5
Meyer	6	7	23	12	13

Tabelle 2
Maxima der Seitenkanälchen

Beim Studium dieser beiden Tabellen ist der unterschiedliche Befund auffällig. Es erhebt sich somit die Frage, ob die historischen Methoden ausreichen und die tatsächlichen Verhältnisse der Kanalverzweigungen wiederzugeben in der Lage sind. Da die Ergebnisse der Arbeit von MEYER ein viel häufigeres Vorkommen von Seitenkanälchen aufzeigen, als nach früheren Arbeiten anderer Autoren zu erwartet war, müßte die mögliche Ursache dafür gefunden werden. Das ist eine der Aufgaben der vorliegenden Arbeit. Es soll der Versuch unternommen werden zu klären, ob die abweichenden Ergebnisse von MEYER auf der Überlegenheit der histologischen Untersuchungsmethode gegenüber den anderen Darstellungsmöglichkeiten beruht, und es soll aufgrund eigener Untersuchungen eine Basis zur Beurteilung der genannten Befunde geschaffen werden.

Es soll nun eine Beschreibung der von W. MEYER und E. SCHEELE angewendeten Methode erfolgen.

Die Zähne werden

1. entkalkt,
2. im Stück in Karmin oder anschließend an 4.
in Hämatoxylin-Eosin gefärbt,
3. in Celloidin eingebettet und
4. in lückenloser Serie in horizontaler Ebene,
also rechtwinklig zur Längsachse des Zahnes,
geschnitten.

MEYER/SCHEELE verwendete dazu eine Schnittstärke von 0,05 mm, also 50 μ und verarbeiteten 6 mm Wurzel vom Apex an gerechnet. Sie erhielten pro 1 mm = 20 Schnitte, insgesamt pro Zahn also 120.

Die auf diese Weise gewonnenen histologischen Präparate werden im Projektionszeichenapparat vergrößert und über Kohlepapier auf maßgerechte Wachsplatten übertragen (34). Diese so gewonnenen Umrißzeichnungen werden ausgeschnitten und lagenweise übereinander geordnet. Es entstehen dadurch Mo-

delle im Maßstab. Die gewählte Vergrößerung betrug 50 : 1, 6 mm Apex ergeben ein 30 cm hohes Anschauungsmodell aus Wachs.

Jeder, der einmal diese Modelle in natura oder auf einer Abbildung betrachtet hat, wird von der außerordentlichen Anschaulichkeit der räumlichen Verhältnisse sowie der Vielzahl der Verzweigungen und ihrer bizarren Anordnung beeindruckt worden sein. "An den Verzweigungen ist die Zahl, Form, Richtung und Feinheit beachtlich und ganz besonders ihr tiefer Ansatz, der bis zu 5,5 mm von der Wurzelspitze entfernt ist.

Eines dürfte aber hier schon deutlich zu erkennen sein, nämlich daß die bisherigen Ergebnisse aus den seitherigen Methoden viel zu primitiv waren, um die wirklichen Verhältnisse der Wurzelspitze zu zeigen" (29).

Es entstand deshalb jetzt die Aufgabe, unter möglichst großer Anlehnung an die Methode von MEYER und SCHEELE, vor allem an ihre histologische Technik, die Feinheit der Methode zu verbessern und vor allem rationeller zu gestalten.

II.

Bei den Forderungen an die Untersuchungsmethode ist darauf zu achten, daß mit ihrer Hilfe möglich ist

1. die vollständige Sichtbarmachung aller Seitenkanäle und blinden Enden,
2. die Differenzierung, ob es sich um einen von der Pulpa bis zum Parodontium durchgängigen Seitenkanal handelt oder um ein blind im Dentin oder Zement der Wurzel auslaufendes Ende,
3. die genaue Erkennung, ob es sich bei der vorliegenden Verzweigung um ein blindes Ende oder um einen unvollständig gefüllten Seitenkanal (artifizielles blindes Ende) handelt,
4. als Voraussetzung dafür die Erhaltung des die Seitenverzweigungen umgebenden Zahnhartgewebes,
5. die richtige räumliche Einordnung des Wurzelkanalsystems zum umgebenden Zahn

und nach Möglichkeit auch

6. die Erkennung, inwieweit Seitenkanälchen und blinde Enden von Gefäßen durchzogen oder von Gewebe erfüllt sind oder nicht, sowie
7. die Anfertigung von Vergrößerungen als Anschauungsmaterial,
8. das haltbare Aufbewahren der Präparate zur Dokumentation und als Beleg der Befunde

und nicht zuletzt

9. die Erzeugung von Kunstprodukten wie Risse und Sprünge vermieden wird, d.h. also die Erhitzung des Zahnes oder das Einbringen des Füllmaterials unter sehr hohem Druck umgangen wird.

Bei der Überprüfung aller bisheriger Methoden zur Darstellung der feineren Anatomie der Wurzelkanäle muß festgestellt werden, daß keine der genannten geeignet ist, alle Voraussetzungen zu erfüllen. Nur mit Hilfe der von MEYER vorgezeichneten histologischen Methode allein müßte es möglich sein, im Sinne der Anforderungen genaue Ergebnisse zu erhalten, weil sie den geringsten Spielraum für falsche Diagnostizierung zuläßt.

Bei der Suche nach geeigneten Methoden stand vor allem der Wunsch nach größtmöglicher Genauigkeit des Verfahrens mit einer gleichzeitigen Vereinfachung der zahlreichen Arbeitsphasen im Vordergrund.

Möglichkeiten, wie sie die moderne Isotopenforschung oder die Anwendung der Röntgenfluoreszenz-Mikrosonde (37) bieten, mit der ein Erfassen von Hohlräumen weit unter 1μ eine Leichtigkeit ist, müssen heute noch als nicht realisierbar zur Seite gelegt werden, da u.a. die notwendigen Voraussetzungen nicht gegeben sind.

Bei der Auswahl der herkömmlichen Untersuchungsmethoden ist der histologischen der Vorzug zu geben. Sie ist geeignet, die besten Ergebnisse zu liefern. Nach diesen Überlegungen entschied ich mich, - unter einigen Abänderungen - nach der von MEYER vorgezeichneten Methode der Herstellung lückenloser Serienschnitte, da ein Experimentieren mit verschiedenen Füllungsverfahren und -materialien schnell die auftretenden Schwierigkeiten zeigte.

So wurde u.a. probiert, als Füllmaterial einen Kunststoff zu verwenden, dem eine besondere Affinität zu Eiweiß eigen sein soll, der das Gewebe in den Seitenkanälchen als Docht benutzt und von dem zu hoffen war, daß die Kanalfüllung infolge dieser Eigenschaft vollständig gelänge. Eine anschließende Färbung hätte dann die Möglichkeit der Untersuchung nach dem Aufhellungsverfahren eröffnet.

Die anfänglichen Versuche mußten aber alle verworfen und aufgegeben werden, weil sie infolge technischer Mängel und unvollständiger Erfüllung der geforderten Voraussetzungen sich als unzulänglich erwiesen. Übrig blieb die histologische Untersuchung des vorbehandelten und präparierten Zahnes.

Die angewendete Methode gliedert sich in

- A) das Entkalken,
- B) das Färben und
- C) das Schneiden der Zähne.

A)

Weitgehend erhaltene Zähne von Patienten aller Altersklassen werden einzeln in etikettierten Fläschchen

1. 5-6 Tage in 10%igem Formalin fixiert,
2. 4-6 Tage in 5%iger Salpetersäure (+) entkalkt, bis sie die Konsistenz eines Radiergummis haben und
3. für 24 Stunden in Natriumsulfat gebracht, welches als Quellungshindernis wirkt,
4. folgt Auswaschen in fließendem Wasser während 24-48 Stunden.

Nach diesem Stadium lassen sich die Zähne in 10%iger Formalinlösung praktisch unbegrenzt lange lagern. Es erwies sich als vorteilhaft, immer 4-5 Zähne dem gleichen Arbeitsgang zu unterwerfen, weil bei individuellem Vorgehen die notwendigen Handgriffe vielfach ausgeführt werden müßten. Allzu viel Zähne auf einmal zu entkalken, ist vor allem für den Anfänger ein erhöhtes Risiko, denn auch die richtige Zeitdauer für die Entkalkung will erst erlernt sein, und es ist ein Nachteil, wenn mit einem Schläge 10 oder gar 20 Zähne zur Weiterverarbeitung nicht geeignet sind, weil sie zu stark entkalkt wurden. Dieselben Überlegungen sind auch beim Färbevorgang zu beachten. Also niemals so viele Zähne auf einmal präparieren, daß der Arbeitsgang unübersichtlich wird. Man ärgert sich hinterher über die durch eine Unachtsamkeit verlorenen Präparate und die Zeit.

B)

Die zweifellos schönsten histologischen Präparate liefert die Hämatoxylin-Eosin-Färbung. Die differenzierte Anfärbung von Zellprotoplasma und Zellkernen des Gewebes ist vorteilhaft. Der Färbevorgang ist aber sehr mühselig, weil jeder Schnitt in der genauen Reihenfolge, in der er vom Mikrotom kommt, in einer unterteilten Schale mit Wasser aufgefangen wird und einzeln wieder in derselben Reihenfolge die Farbbäder durchläuft.

Die Doppelfärbung mit Hämatoxylin-Eosin hat folgende Einzelphasen:

Aus dem Wasser kommend, gelangt jeder einzelne Schnitt

1. für 1 Minute in Hämatoxylin (n. Delafield),
2. zum Auswaschen des Farbüberschusses kurz in Salzsäurealkohol,

(+) Salpetersäure ist in wässriger Verdünnung die rascheste und schonendste Entkalkungsflüssigkeit. Man verwendet sie am besten in 5-7,5%iger wässriger Lösung (33, 12, 24).

3. zum Bläuen für 5-10 Minuten in warmes Wasser,
4. zum Gegenfärben in Eosin, 20 Sekunden.

Anschließend erfolgt der Wasserentzug in Bädern mit steigender Alkoholkonzentration und einem abschließenden mit Karbolxylol (33). Die gefärbten Präparate werden eingedeckt und numeriert.

Diese Färbemethode ist sehr langwierig, und es dauert lange, bis alle Schnitte des Zahnes durchgefärbt sind. Man kann ja nicht einfach alle Schnitte mit einem Mal in ein Gefäß mit Hämatoxylin z.B. bringen, weil die Einhaltung der richtigen Schnittfolge unbedingt nötig ist. Jeder Schnitt muß deshalb einzeln angefärbt werden. Nach den ersten Färbversuchen stellte sich heraus, daß es bei der Menge zu verarbeitender Präparate zu lange dauern würde, wollte man jeden einzelnen Schnitt nach H.-E. färben. Es ergab sich also die Notwendigkeit, eine rationellere Färbung ausfindig zu machen.

MEYER und SCHEELE standen vor dem gleichen Problem, denn auch für ihre Arbeit mußten sich Wege finden lassen, die eine merkliche Vereinfachung bedeuteten. Das stellt die Anfärbung des Zahnes vor dem Schneiden dar. So ist auch in den Veröffentlichungen dieser Autoren neben der H.-E.-Färbung (25) die Stückfärbung mit Karminrot angegeben (29). Unsere Versuche mit dieser Färbung zeigten aber unbefriedigende Ergebnisse. Die Aufgabenstellung blieb die gleiche. Es mußte eine geeignete Färbung gefunden werden, die am ungeschnittenen Zahn im ganzen durchgeführt werden konnte, um die zahlreichen und zeitraubenden Einzelfärbungen jedes einzelnen Schnittes unnötig zu machen.

Zu diesem Zweck wurde die zur Darstellung von Nervenfasern benutzte Silberimprägnierung nach DE CASTRO (35) als geeignet empfunden.

1. Die fixierten und entkalkten Zähne werden gründlich ausgewaschen; anfangs in fließendem Leitungswasser, später für 24-36 Stunden in Aqua dest. Rückstände von Kavitätenfüllungen sind zu entfernen.
2. Die Zähne kommen für 1 Tag jeweils in 20-25 ml 96%igen Alkohol, dem 2 Tropfen Ammoniak zugesetzt sind, werden
3. für 10-30 Minuten in Aqua dest. ausgewaschen und
4. in einer 1,5-2%igen Silbernitratlösung bei 37-40°C im Thermostaten 5-7 Tage imprägniert bis die Stücke dunkelbraun oder grau sind.
5. Nach schnellem Ausspülen in Aqua dest. erfolgt während 24 Stunden Reduktion in einer Lösung von Pyrogallussäure (Pyrogallol) 1g, Formol 10 g, Aqua dest. 90 g.

Die Zähne sind nun fertig angefärbt und werden bis zum Schneiden, das bei

dieser Methode anschließend ausgeführt wird, wieder in Formalin aufbewahrt. Die Methode der Anfärbung des ganzen Zahnes vor dem Schneiden stellt eine spürbare Vereinfachung dar. Mußte man bei der Anwendung der H.-E.-Färbung jeden der gewonnenen durchschnittlich 50 Schnitte eines Zahnes einzeln färben, so genügt bei dieser Färbung der einmalige Färbevorgang für den ganzen Zahn.

Da diese Methode der Silberimprägnierung verhältnismäßig empfindlich gegen Verschmutzungen jeglicher Art ist, muß auf die sorgfältige Säuberung aller damit in Berührung kommender Gefäße geachtet werden. Im Leerversuch zeigte sich, daß es bei mangelnder Sorgfalt genauso wie bei ungenügendem Auswaschen der Präparate zum Ausfällen von Silber kommen kann. Man erkennt es am sich bildenden Silberspiegel an den Gefäßinnenflächen. Es hat sich bewährt, jeden Zahn einzeln in einem Gläschen getrennt von den anderen die verschiedenen Vorbereitungsphasen durchlaufen zu lassen. So bleibt ein mögliches Ausfallen des Silbers als Folge von mangelnder Sorgfalt bei der Säuberung immer nur auf einen Zahn beschränkt.

Es bedarf eigentlich nicht der Erwähnung, daß aus diesem Grunde und wegen der Vereinfachung der Handlung die zum Färben und Vorbereiten notwendigen Lösungen einmal in größerer Menge angesetzt und nicht für jeden Zahn einzeln zubereitet werden, soll aber der Genauigkeit halber hier am Rande notiert werden.

C)

Der entkalkte und gefärbte Zahn wird der Länge nach in sagittaler Richtung auf dem Gefrier-Mikrotom geschnitten. Die Schnittstärke betrug anfangs 50μ , es ist aber als richtiger erkannt worden, eine Schnittstärke von 25μ zu verwenden und jeden 2. Schnitt zu verwerfen. Das ergibt für die Betrachtung der einzelnen Schnitte günstigere Voraussetzungen.

Wählt man als Schnittrichtung die Längsachse des Zahnes, so hat das den Vorteil, daß die einzelnen Schnitte nicht so klein werden, wie bei dem horizontalen Schneiden. Man spart dadurch das Einbetten der Zähne, ohne das sonst ein Auffangen derart kleiner Schnitte und die seitenrichtige Orientierung nicht möglich wären. Einen Nachteil beinhaltet diese von der Methode MEYERs abweichende Schnittrichtung nicht, denn es ist ohne Bedeutung für den Ausgang der Untersuchungen, ob die im Innern der Zahnwurzel zu erforschenden Strukturdetails durch Längsschnitte oder Querschnitte zugänglich, d.h. sichtbar gemacht werden. Wichtig ist nur, daß jeder Wurzelteil von den Serienschnitten erfaßt und untersucht wird.

Aber noch ein weiterer Vorteil ist bei dieser Methode gegeben, wenn man sie bei der Untersuchung von ein- und zweiwurzelligen Zähnen verwendet. Schneidet man z. B. 6 mm vom Apex eines solchen Zahnes, so ergibt das beim horizontalen Schneiden eben 6 mm. Die anatomische Form der Wurzel eines oberen Frontzahnes oder Prämolaren begünstigt aber das Schneiden in Längsrichtung, denn - wie man bei einem Querschnitt durch die Wurzel erkennt - ist diese nicht rund geformt, sondern oval. Der Durchmesser von mesial nach distal ist geringer als der von bukkal nach palatinal. Besonders deutlich ist das an den Prämolaren mit zwei Wurzelkanälen. Infolge des ovalen Querschnitts der Wurzel ist auch bei einer Entfernung von 6 mm vom Apex der mesio-distale Durchmesser in den meisten Fällen kleiner als 6 mm. Man benötigt also weniger Schnitte. Das wieder hat den Vorteil, daß in der gleichen Zeiteinheit wegen der geringeren Anzahl anfallender Schnitte mehr Zähne untersucht werden können.

Die so gewonnenen histologischen Präparate werden auf Objektträgern der üblichen Größe unter Caedax eingedeckt, und zwar je nach Größe der Schnitte und der Deckgläschen immer mehrere auf einem.

Bevor eine detaillierte Auswertung der Befunde vorgenommen wird, soll an dieser Stelle einiges über die Nomenklatur vorangestellt werden. Wenn hier im folgenden von Seitenkanälchen die Rede ist, so sind unter diesem Begriff alle von der Wurzelpulpa zum Parodontium durchgehenden Kanalverzweigungen zusammengefaßt. Auf die infolge der komplizierten anatomischen Verhältnisse schwierige Differenzierung in einfache Äste und Zweige, Spitzenverästelungen, Seitenfiederchen, Markdukten und Markkanäle (5, 6, 13) wurde verzichtet.

Eine Unterteilung der Wurzelkanalverzweigungen in Seitenkanälchen und apikale Seitenkanälchen wurde nur dann vorgenommen, wenn die Topographie besonders hervorgehoben werden sollte. Als apikale Seitenkanälchen sind dann alle die Seitenkanälchen benannt, deren Abzweigstelle von dem Hauptstrang der Wurzelpulpa weniger als 2 mm vom Foramen apicale entfernt liegt. Man könnte sie auch als Seitenkanälchen der apikalen Region, Endabzweigungen oder apikale Ramifikationen bezeichnen. Wird im folgenden der Einfachheit halber allgemein von Seitenkanälchen gesprochen, so sind beide Gruppen zusammengefaßt. Wird eine Differenzierung notwendig, so wird sie besonders hervorgehoben.

Ein blindes Ende ist ein Gebilde, das seinen Ursprung an der Pulpa hat, das Dentin durchzieht, aber das Parodontium nicht erreicht. Es läßt sich denken als ein obliterierter Seitenkanal. Im übrigen kommen solche blinden En-

den auch in umgekehrter Richtung vor, indem sie als meist enge Kanälchen von peripher Zement und Dentin der Wurzel durchziehen, ohne die Pulpa zu erreichen. Beiden Formen ist eigen, daß sie blind im Dentin enden.

Als Querverbindungen werden die Verbindungskanäle zwischen den Wurzelpulpen an Zähnen mit geteilten Kanälen bezeichnet, wie sie z. B. an den oberen Prämolaren auftreten.

Ein Pulpoperiodontalkanal endlich ist einer, der von der Kronenpulpa aus direkt in den interradiikulären Raum an die Spitze der Bifurkation zieht. Diese Art von Kanälen sind nach KLEES und PHILIPPARTH nicht so große Seltenheiten, für die z. B. REBEL sie hält (20).

Es gibt leider heute noch keine verbindliche Nomenklatur für die Verzweigungen des Wurzelkanals. Es bestehen häufig für die gleichen Erscheinungen die verschiedensten Bezeichnungen. Um nur ein Beispiel zu nennen: HESS schreibt: "Die Markkanäle kommen ebenfalls an sämtlichen menschlichen Zahngattungen vor, sie stellen entweder Verbindungskanäle zwischen einzelnen Kanälen dar, oder sie durchziehen das Wurzeldentin, indem sie in Ein- oder Mehrzahl vom Hauptkanal zum Periost eine Verbindung darstellen."

Hieraus ist zu ersehen, daß HESS gewisse Bildungen als Markkanäle bezeichnet, die von FISCHER zu den Querbrücken gerechnet werden. Und FISCHER bezeichnet als zarte Ramifikationen und Fiederchen Gebilde, die HESS zu den Markkanälen rechnet (9).

Aus diesem Grunde sind hier die Bezeichnungen sehr einfach und eindeutig gewählt. Es werden unterschieden:

1. Seitenkanälchen,
2. apikale Seitenkanälchen,
3. Querverbindungen,
4. blinde Enden und
5. Pulpo-Periodontal-Kanäle.

Bei der Auswertung wurde so verfahren, daß bei einem Zahn, dessen Hauptkanal sich in der apikalen Region in 2 Äste aufteilt, der eine als Hauptkanal gewertet, der andere als ein Seitenkanal gezählt wurde.

Wenn die Auswertung der Präparate mit Hilfe der bloßen mikroskopischen Betrachtung sich wegen der Vielzahl der vorhandenen Verzweigungen als zu schwierig ergab, wurden von den einzelnen mikroskopischen Bildern durch Projektion mit dem Panphot (einem Spezialgerät für solche Zwecke von der Fa. Leitz) Umrißzeichnungen auf einen Bogen Zeichenkarton angefertigt. Durch Übereinanderprojizieren mehrerer Schnittbilder läßt sich so der Verlauf einer jeden Kanalverzweigung von der Pulpa bis zur Austrittsstelle in

das Parodontium verdeutlichen. Ist es auf diese Weise gelungen, den Weg einer Wurzelkanalverzweigung von der Pulpa bis zum Parodontium zu verfolgen, so kann die Diagnose "Seitenkanälchen" gestellt werden, läßt sich eine Verbindung einer von der Pulpa abgehenden Verzweigung mit dem Parodontium nicht nachweisen, so handelt es sich um ein blindes Ende.

Bei der Abbildung 1 handelt es sich um einen rechten oberen Eckzahn, der bei einem 61-jährigen Patienten aus prothetischen Gründen extrahiert wurde. Er ist bei diesen Untersuchungen der Eckzahn mit den meisten Verzweigungen, nämlich 12 an der Zahl. Durch die Zeichnungen (Abb.1) wird deutlich, daß eine von den Verzweigungen die Wurzelhaut nicht erreicht, es handelt sich also um ein blindes Ende. Somit wird für diesen Zahn neben 1 Hauptkanal - wie aus der Zusammenstellung für die Eckzähne zu ersehen ist - als Befund erhoben: 10 apikale Seitenkanälchen und ein blindes Ende.

Bei der Abbildung 2 handelt es sich um einen rechten oberen ersten Prämolaren, der 5 kanalartige Querverbindungen zwischen den weitgehend getrennten Wurzelkanälen und einen apikalen Seitenkanal aufweist. Diese Abbildung soll verdeutlichen, wie man sich bei unübersichtlichen Verhältnissen mit solchen Projektionen behelfen kann und die Übersicht gewinnt. Sind die Querverbindungen nämlich sehr dünn und gewunden, so findet sich in jedem Präparat nur ein kurzer, mehr oder weniger quer oder schräg getroffener Anschnitt der Verzweigung und die Rekonstruktion des zusammenhängenden Kanals fällt dann schwer. Außerdem kommt es vor, daß infolge der für histologische Begriffe großen Schnittstärke von 25μ und der Verwendung nur jeden 2. Schnittes sich einmal ein Kanalabschnitt in dem nicht ausgewerteten 2. Schnitt befindet und dann nicht zur Projektion gelangt. Aus diesem Grunde erscheinen die 4 Querverbindungen in der Abbildung 2 dem Auge des Betrachters u. U. als nicht durchgängig. Weiß man um diese Tatsachen, so erscheinen diese Querverbindungen im richtigen Licht.

Es folgt nunmehr eine Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse.

Für diese Dissertation wurden in mehr als einjähriger Arbeit insgesamt 114 Zähne untersucht. Auf dem Wege der Herstellung lückenloser Serienschnitte entstanden über 6000 histologische Präparate.

Abbildung 1 a

re.ob.Eckz.,

61 Jahre

Befund:

1 Hauptkanal

10 apikale Sk.

1 blindes Ende

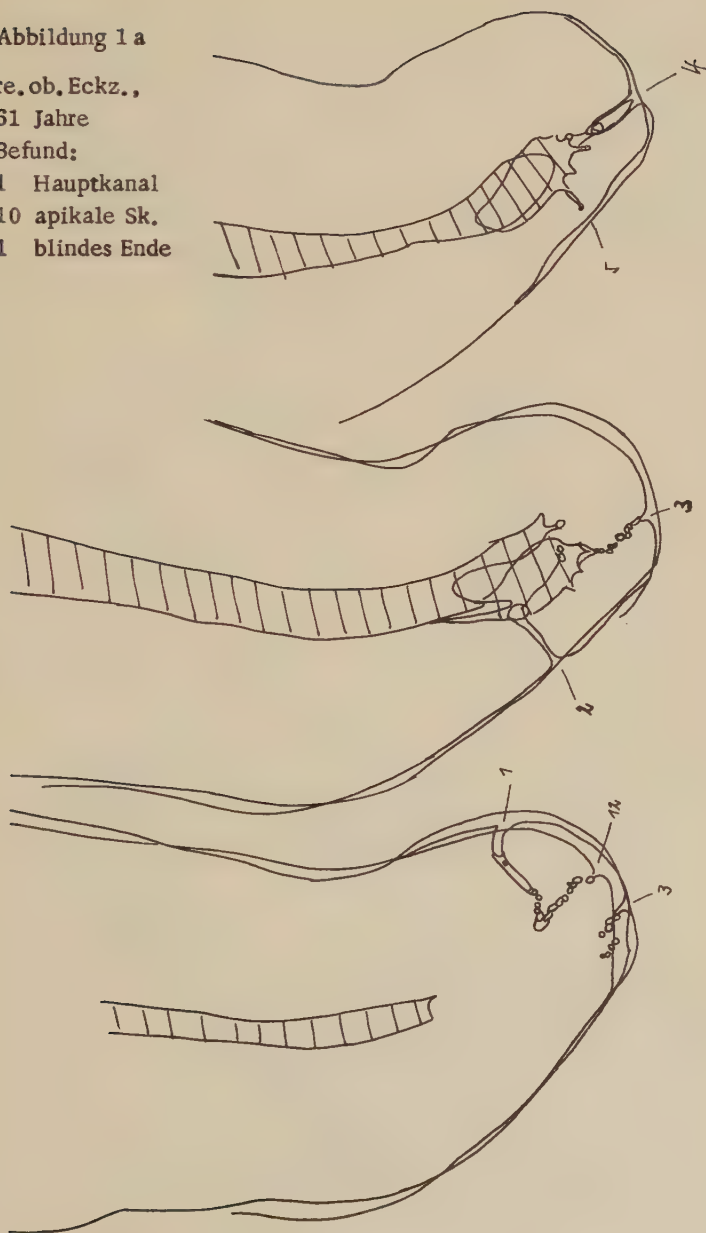


Abbildung 1 b

re. ob. Eckz.,

61 Jahre

Befund:

1 Hauptkanal

10 apikaleSSk.

1 blindes Ende



Abbildung 2

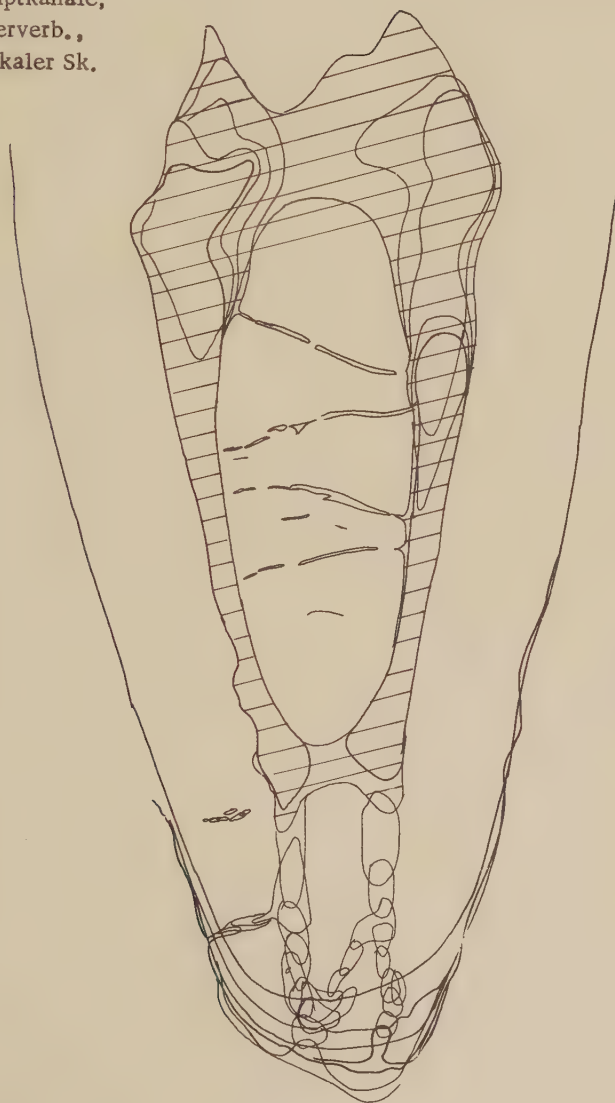
Rechter oberer 1. Prämolare

Befund:

2 Hauptkanäle,

5 Querverb.,

1 apikaler Sk.



1. Mittlere obere Schneidezähne

Von 22 untersuchten mittleren Schneidezähnen zeigten 15 (= 68%) keinerlei Verzweigungen. Der Wurzelkanal bildete ein monotones Rohr. Die 7 Incisivi, die Verzweigungen aufwiesen (= 31%) ließen insgesamt 12 Seitenkanälchen erkennen, so daß im Durchschnitt bei einem mittleren oberen Schneidezahn, wenn er Wurzelkanalverzweigungen aufweist - und das war bei etwa einem Drittel der Fall -, mit 1,7 Kanälchen zu rechnen ist.

Im einzelnen wurden folgende Beobachtungen gemacht:

An 1 Zahn im Alter von 41 Jahren wurden 4 Seitenkanälchen beobachtet, und zwar 3 davon in einem größeren Abstand als 2 mm vom Apex, 1 innerhalb dieses apikalen Gebietes von 2 mm. Blinde Enden waren nicht feststellbar.

1 Zahn, der im Alter von 49 Jahren extrahiert wurde, zeigte 3 Seitenkanälchen und 4 weitere Zähne von Patienten im Alter von 33, 41, 55 und 66 Jahren jeweils 1 Seitenkanal. 1 apikaler Seitenkanal konnte beobachtet werden an 1 Zahn, und keinerlei Verzweigungen traten an 15 Zähnen aller Altersklassen (30-71) auf.

In der nachfolgenden Zusammenstellung für die mittleren Schneidezähne ist das Material übersichtlich zusammengestellt. In der letzten durchgehenden Zeile erfolgt jedesmal die Addition der Ergebnisse jeder Spalte. Die Summe aus Seitenkanälchen und apikalen Seitenkanälchen ist noch einmal hervorgehoben und dient bei der Verwendung von Angaben über durchgängige Kanalverzweigungen als Grundlage.

Anzahl	Alter in Jahren	Befunde		
		Seitenkanälchen	apikale Sk.	blinde Enden
1	41	3	1	-
1	49	3	-	-
4	33, 41, 55, 66	1	-	-
1	71	-	1	-
15	30, 30, 39, 39, 40, 40, 41, 41, 55, 55, 55, 56, 58, 63, 71	-	-	-
22		10	2	-
		12		

Für die folgenden Zahngruppen wird der besseren Übersicht wegen der Text eingeschränkt, da die Befunde sehr übersichtlich jeweils der zusammenstellenden Tabelle zu entnehmen sind.

Die Anordnung erfolgt immer so, daß am Anfang der Zusammenstellung die Zähne mit der größten Zahl von Verzweigungen stehen. Die Häufigkeit von Kanalverzweigungen nimmt in jeder Spalte von oben nach unten ab. Die Zähne, die keinerlei durchgängige oder undurchgängige Verzweigungen erkennen ließen, stehen an letzter Stelle.

2. Seitliche obere Schneidezähne

Von 21 untersuchten seitlichen Schneidezähnen wiesen 12 keinerlei Verzweigungen auf, 9 besaßen teils Seitenkanälchen und blinde Ende, teils nur blinde Enden. An 7 Zähnen (= 33 %) mit durchgehenden Kanalverzweigungen fanden sich insgesamt 9 Seitenkanälchen, im Durchschnitt entfallen damit auf jeden seitlichen Schneidezahn mit Wurzelkanalverzweigungen 1,3 Seitenkanälchen.

Anzahl	Alter in Jahren	Befunde		
		Seitenkanälchen	apikale Sk.	blinde Enden
1	55	2	-	-
1	57	-	2	-
1	53	-	1	1
4	13, 26, 41, 41	-	1	-
1	32	-	-	2
1	33	-	-	1
12	22, 22, 26, 35, 39, 40, 41, 42, 55, 63, 64, 66	-	-	-
21		2	7	4
		9		

3. Obere Eckzähne

Von den 21 untersuchten Eckzähnen wurden bei 9 (= 43%) Exemplaren keine Seitenkanälchen gefunden, während bei 12 Zähnen (= 57%) insgesamt 40 durchgehende Verzweigungen nachgewiesen werden konnten. Man muß hier- nach erwarten, daß die Eckzähne, falls sie keinen monoton ausgebildeten Wurzelkanal haben, durchschnittlich 3,3 Seitenkanälchen besitzen.

Anzahl	Alter in Jahren	Befunde		
		Seiten- kanälchen	apikale Sk.	blinde Enden
1	56	2	-	-
1	55	1	3	-
1	56	1	1	3
1	39	1	1	-
1	41	1	-	2
1	44	1	-	-
1	61	-	10 (+)	1
1	57	-	6	-
1	57	-	5	-
1	25	-	4	-
1	57	-	2	-
1	53	-	1	1
1	51	-	-	1
8	17, 39, 41, 41, 56, 56, 58, 60	-	-	-
21		7	33	8
		40		

(+) vgl. dazu Abb.1

4. Erste obere Prämolaren

Bei 19 untersuchten Zähnen besaßen 3 (= 16%) keine durchgehenden Verzweigungen. Die anderen 16 Prämolaren wiesen insgesamt 41 Seitenkanälchen und 1 Pulpoparodontalkanal auf, so daß bei den 1. Prämolaren mit verzweigtem Wurzelkanal im Durchschnitt mit 2,6 durchgehenden Verzweigungen zu rechnen ist.

Anzahl	Alter in Jahren	Befunde			
		Seitenkanälchen	apikale Sk.	Querverbindungen	blinde Enden
1	34	3	-	2	-
1	21	3	-	-	1
1	53	3	-	-	-
1	50	2	6	-	-
1	25	2	2	-	-
1	21	2	1	-	-
1	30	1	3	2	-
1	21	1	1	-	-
1	35	1	-	3	-
1	63	1	-	-	3
1	13	1	-	-	-
1	13	-	3	-	-
1	13	-	2	-	-
1	32	-	1	5 (+)	-
1	56	-	1	-	-
1	25	1	1	-	-
1	37	-	-	3	1 u-förm. Schl.
1	26	-	-	2	3
1	44	-	-	-	-
19		20 1	21	17	7 1
		42			

(+) vgl. dazu Abb. 2

5. Zweite obere Prämolaren

Bei 21 untersuchten Zähnen wurden an 5 Prämolaren (= 24%) keine durchgehenden Kanalverzweigungen festgestellt, wogegen an 16 Zähnen (= 76%) insgesamt 37 dieser Kanälchen nachgewiesen wurden. Es ergibt sich ein Durchschnittswert von 2,4 Seitenkanälchen bei den Prämolaren dieser Untersuchungsreihe mit verzweigtem Wurzelkanal.

Anzahl	Alter in Jahren	Befunde			
		Seiten- kanälchen	apikale SK.	Querver- bindungen	blinde Enden
1	33	3	3	-	-
1	34	2	1	-	-
1	27	2	-	-	2
1	60	1	1	-	-
1	30	1	-	-	1
3	56, 69, ?	1	-	-	-
1	21	-	5	-	2
3	21, 26, 42	-	3	-	-
1	60	-	2	1	-
1	56	-	2	-	-
1	50	-	1	-	5
1	13	-	1	-	-
1	?	-	-	1	-
1	43	-	-	-	5
1	42	-	-	-	1
2	12, ?	-	-	-	-
21		12	25	2	16
		37			

Bevor auf diese Untersuchungsbefunde eingegangen wird, soll allgemein noch etwas zur Auswertung gesagt werden.

Neben der Nennung und Aufzählung der reinen Befunde wurde - um die Anschaulichkeit zu vergrößern - mitunter ein Durchschnittswert errechnet oder Prozentzahlen angegeben. Daß es sich dabei um Mittelwerte aus den im Rah-

men dieser Arbeit gefundenen Ergebnisse handelt und die Durchschnittswerte und Prozentzahlen im engeren Sinne nur für das Untersuchungsmaterial gelten, welches hier zur Verfügung stand, darauf soll ausdrücklich hingewiesen sein.

Für die Aufstellung einer Statistik, die umfassenden Wert und Allgemeingültigkeit haben soll, muß ein Bereich "zufälliger" Schwankungen in Rechnung gestellt werden (21). Bei der Auswertung von mathematischen Zahlenreihen oder einfachen Ablesungen (z. B. eines Längenmaßes) ist diese Zufallsquote reduzierbar durch Wiederholung des Vorganges.

Bei biologischen Untersuchungen sind unterschiedliche Befunde aber auch bei völlig gleicher Untersuchungsmethode im größeren Maße abhängig von individuellen Schwankungen des zur Untersuchung gelangenden Gutes - eine Tatsache, die berücksichtigt werden muß. So ist es zu erklären, daß bei Untersuchungen von biologischem Material mit Hilfe der gleichen Methode dennoch verschiedene Werte resultieren können. Es ist durchaus denkbar, daß bei zwei aufeinanderfolgenden Untersuchungen von biologischem Material verschiedene Befunde erhoben werden, weil der ersten Untersuchungsgruppe eine große Disposition zu einem das Ergebnis beeinflussenden Faktor, der zweiten aber eine geringe Disposition zugrunde liegt. Der Umfang solcher individueller Schwankungen muß nach Möglichkeit bekannt sein, zumindest aber in seiner vermutlichen Größe berücksichtigt werden.

Vergleicht man z. B. die Angaben über das prozentuale Vorkommen von Zähnen mit Seitenkanälchen der Autoren HESS, KELLER und MEYER (Tabelle 1, Seite 7) mit den Ergebnissen dieser Arbeit (Tabelle 3), so ist zu bemerken, daß die hier gewonnenen Befunde zwar ein häufigeres Auftreten von Kanalverzweigungen an allen untersuchten Zahngattungen nachweisen, als nach den Angaben von HESS und KELLER zu erwarten waren, daß die Prozentzahlen, die MEYER aufgrund seiner Untersuchungen veröffentlicht, aber nicht bestätigt werden konnten. Das trifft auch für die Maxima der Seitenkanälchen zu, die jeweils an einem Zahn anzutreffen waren (Tabelle 2, Seite 8 und Tabelle 4).

Berechnet man aber zu den sich aus der Befunderhebung ergebenden Ergebnissen (Durchschnittswerten, Prozentzahlen usw.) die durch zufällige unbeeinflussbare Selektion entstandene - oder mögliche - Abweichung, so sind die Ergebnisse einer solchen Untersuchung zu einem breiteren Bereich zu erweitern, da man berücksichtigen muß, daß das Ergebnis der Zufallsabweichungen von der Grundwahrscheinlichkeit sowohl den gefundenen Wert nach oben (zu einem größeren Wert) als auch nach unten (zu einem kleineren Wert) hin beeinflussen kann. Als Ursache für die verschiedenen Ergebnisse der Untersu-

chungen über die Häufigkeit von Seitenkanälchen und deren zahlenmäßiges Vorkommen kann neben der unterschiedlichen Methode bei der Feststellung von Kanalverzweigungen und ihrer Auswertung auch die Verschiedenheit des Untersuchungsmaterials herangezogen werden.

Zahngattung im OK		1	2	3	4	5
a	Anzahl der untersuchten Zähne	22	21	21	19	21
b	Anzahl der Zähne mit Seitenkanälchen	7	7	12	16	16
c	Zähne ohne Seitenkanälchen	68%	67%	43%	16%	24%
d	Zähne mit Seitenkanälchen	32%	33%	57%	84%	76%
e	wie d, jedoch unter Berücksichtigung der Zufallsschwankungen	10- 65%	9- 67%	25- 85%	48- 99%	41- 96%

Tabelle 3

Absolute und prozentuale Zahlen über das Vorkommen von Seitenkanälchen unter Berücksichtigung von Zufallsschwankungen

Zahngattung im OK	1	2	3	4	5
Seitenkanälchen	4	2	10	8	6

Tabelle 4

Maxima der Seitenkanälchen

In der graphischen Darstellung der sich aus den Tabellen 1 (Seite 7) und 3 (Seite 23) ergebenden Werte ist zu ersehen, in welchem Prozentsatz bei den oberen Frontzähnen und Prämolaren des menschlichen Gebisses mit dem Vorkommen von Seitenkanälchen zu rechnen ist.⁽⁺⁾

Berücksichtigt man, daß die errechneten Prozentzahlen (P) zustandekommen durch die Beziehung

$$P = \frac{\text{Zähne mit Seitenkanälchen} \times 100}{\text{untersuchte Zähne}},$$

so ist die obere und untere Grenze der Wahrscheinlichkeit mit zu nennen, da sie abhängig ist von der Gesamtzahl der untersuchten Zähne und der darunter befindlichen Anzahl von Zähnen mit Seitenkanälchen.

Dieser Toleranzraum ist bei der graphischen Darstellung 1 senkrecht schraffiert.

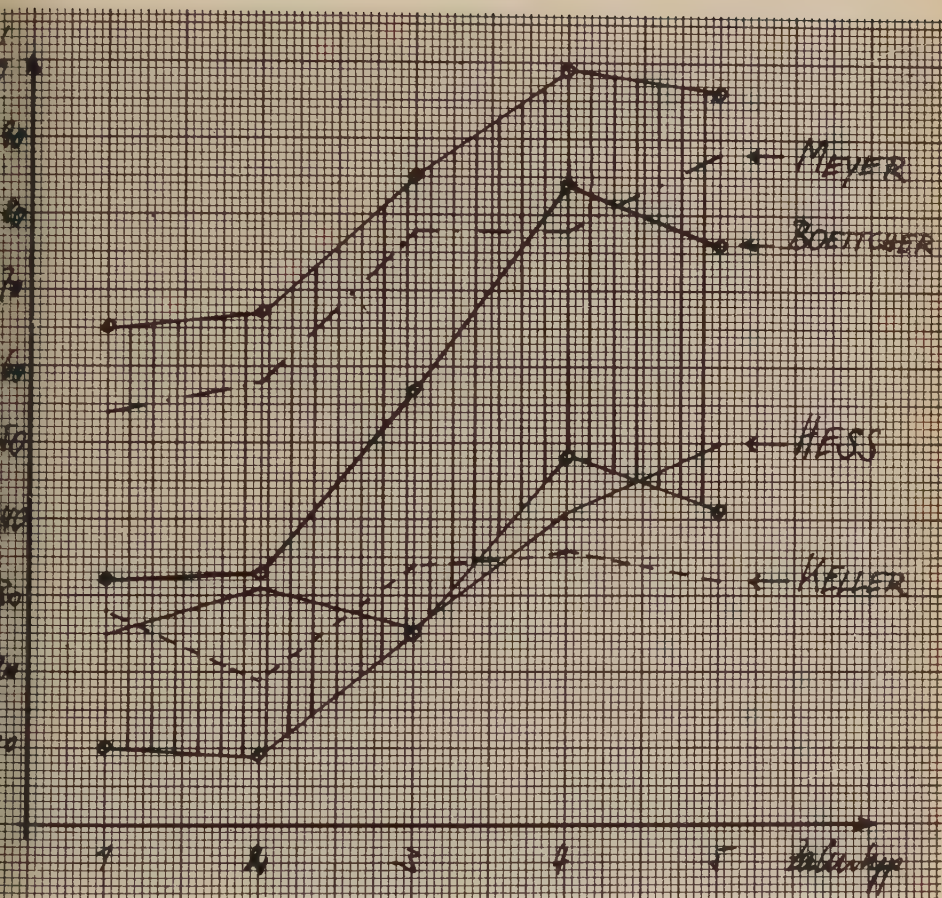
An einem Beispiel betrachtet heißt das: Die auf Grund dieser Arbeit festgestellte Häufigkeit von Seitenkanälchen an mittleren oberen Schneidezähnen wurde mit 32% beobachtet. Eine Erweiterung dahingehend, daß der Prozentsatz im allgemeinen 1/3 beträgt, ist nur m. E. möglich. Man kommt auf Grund mathematisch-statistischer Berechnungen zu dem Ergebnis, daß die Häufigkeit an dieser Zahngruppe zwischen 10% und 65% anzusetzen ist.

Dadurch, daß in die Darstellung 1 die Ergebnisse von HESS, KELLER und MEYER mit eingezeichnet sind, erkennt man, in welchem Maße eine Übereinstimmung der Untersuchungsbefunde mit der errechneten Toleranzgrenze erreicht wird.

In der Tabelle 5 sind die Zahlen der an allen untersuchten Zähnen gefundenen durchgängigen Kanalverzweigungen zusammengestellt, und zwar getrennt nach den Seitenkanälchen, deren Abzweigstelle von der Pulpa mehr als 1 mm vom Apex entfernt liegt und den apikalen Seitenkanälchen, deren Abzweig von der Pulpa weniger als 2 mm vom Apex entfernt liegt. Es ist daraus ersichtlich, daß die überwiegende Zahl von Wurzelkanalverzweigungen als apikale Seitenkanälchen im Bereich der letzten 2 mm der Wurzelspitze vorkommen. Eine Ausnahme bildet davon nur die Gruppe der oberen mittleren Schneidezähne, da ist es gerade umgekehrt.

Durch die Gegenüberstellung der Ergebnisse von Meyer mit den hier erarbeiteten ist ein Vergleich der Durchschnittszahlen über die Häufigkeit von Sei-

(+) Die bei den Prämolaren beobachteten Querverbindungen zwischen den geteilten Kanälen sind hierbei nicht mit enthalten.



Graphische Darstellung 1

Prozentuales Vorkommen von Seitenkanälchen an den Zähnen 1 - 5 des OK des menschlichen Gebisses unter Berücksichtigung des Toleranzbereiches für zufällige Schwankungen mit einem Vergleich der Werte von HESS, KELLER, und MEYER.

Zahntyp im OK	1	2	3	4	5
Anzahl der untersuchten Zähne	22	21	21	19	21
Gesamtzahl der Seitenkanälchen	10	2	7	21	12
Gesamtzahl der apikalen Sk.	2	7	33	21	25

Tabelle 5

Die Zahlen der an allen untersuchten Zähnen gefundenen durchgängigen Kanalverzweigungen (Seitenkanälchen)

tenkanälchen an einem beliebigen Zahn aus einer Gruppe besonders aufschlußreich, da er gleichsam eine zu begrüßende Ergänzung bedeutet. Beide Autoren kommen zu dem Ergebnis, daß unter Berücksichtigung dieser Relation bei den oberen Frontzähnen und Prämolaren mit den wenigsten Seitenkanälchen an den Schneidezähnen zu rechnen ist. (Tabelle 7). Die Häufigkeit nimmt - wie das nicht anders zu erwarten ist - von den einwurzeligen zu den mehrwurzeligen Zähnen hin zu.

Zu analogen Ergebnissen kommt man, wenn man die Durchschnittswerte für die Anzahl von Seitenkanälchen nur von den Zähnen berechnet, die Kanalverzweigungen haben.

Auch dafür ein Beispiel: Bei einem angenommenen mittleren oberen Schneidezahn besteht aufgrund der vorliegenden Untersuchungen die Möglichkeit, daß er gar keine Seitenkanälchen hat, sondern einen monotonen Wurzelkanal (Wahrscheinlichkeit = 68%); (Tabelle 3).

Besitzt die Pulpa dieses Zahnes aber Verzweigungen, so werden es durchschnittlich 1.7 (Tabelle 7), wahrscheinlich aber nicht mehr als 4 sein (Tabelle 4).

Eine solche Aussage läßt sich aufgrund der in den Tabellen 3, 4 und 7 zusammengefaßten Werte für jedes Exemplar einer untersuchten Zahngruppe machen.

Seitenkanälchen kommen - so läßt sich ganz allgemein sagen - an allen

Zahntyp im OK	1	2	3	4	5
Anzahl der untersuchten Zähne	50	50	50	50	50
Gesamtzahl der Seitenkanälchen	58	66	112	125	141
Seitenkanälchen an einem Zahn im Durchschnitt	1.3	1.3	2.2	2.5	2.8

(MEYER)

(BOETTCHER):

Zahntyp im OK	1	2	3	4	5
Anzahl der untersuchten Zähne	22	21	21	19	21
Gesamtzahl der Seitenkanälchen	12	9	42	42	37
Seitenkanälchen an einem Zahn im Durchschnitt	0.5	0.4	2.0	2.2	1.8
Seitenkanälchen an Zähnen mit verzweigtem Kanalsystem i. D.	1.7	1.3	3.3	2.7	2.4

Tabelle 7

Häufigkeit in einer Gegenüberstellung mit den Ergebnissen von MEYER (29)

Zahngruppen vor. Sie treten vorzugsweise in der apikalen Region auf, werden aber auch in jeder anderen Entfernung vom Apex beobachtet, wie die folgende Abbildung zeigen soll.



Ein Seitenkanal in 7,5 mm Entfernung vom Apex
bei + 5 einer 33 jährigen Patientin.

Extraktionsgrund: Chron. periapikale Ostitis.

Bei jedem der untersuchten Zähne ist das Alter des Patienten mit notiert worden. Es stellte sich heraus, daß sowohl verzweigte als auch unverzweigte Wurzelkanäle an Zähnen aller Altersklassen auftreten. Eine Beziehung zwischen Lebensalter und Seitenkanälchen konnte nur insoweit festgestellt werden, als mit zunehmendem Alter die fortgesetzte Dentinapposition sowohl diese Strukturdetails allmählich wieder zum Verschwinden bringen als auch die Wurzelkanäle selbst ganz obliterieren können (13).

Die Tabelle 8 zeigt die Aufteilung der Zähne, bei denen Seitenkanälchen beobachtet wurden und der Zähne, die keine Seitenkanälchen erkennen ließen in einer Unterteilung in die Zahngruppen von 1-5, also der Frontzähne bis Prämolaren des Oberkiefers (in der Vertikalen) und eine Aufschlüsselung nach Altersklassen (horizontale Anordnung). Jeder Altersklasse umfaßt 10 Jahre.

11-20 21-30 31-40 41-50 51-60 61-70 71-80 Summe

1er	mit Sk	-	-	1	3	1	1	1	7
	ohne Sk	-	2	4	2	5	1	1	15
2er	mit Sk	1	1	-	2	3	-	-	7
	ohne Sk	-	3	5	2	1	3	-	14
3er	mit Sk	-	1	1	2	7	1	-	12
	ohne Sk	1	-	1	2	5	-	-	9
4er	mit Sk	3	6	3	1	2	1	-	16
	ohne Sk	-	1	1	1	-	-	-	3
5er	mit Sk	1	5	2	2	4	1	-	15
	ohne Sk	1	-	-	2	-	-	-	3
Summe		7	19	18	19	28	8	2	101

Tabelle 8

Aufteilung der Zähne 1-5 des OK mit Seitenkanälchen und ohne Seitenkanälchen nach Altersklassen

Die Summe am Ende einer jeden Zeile gibt an, wieviel Zähne mit bekanntem Alter von jeder Zahnart untersucht wurden, sowie das - hier nicht zu diskutierende - Verhältnis von Zähnen mit Seitenkanälchen zu solchen Zähnen ohne Seitenkanälchen.

Durch Addition der Ergebnisse einer jeden Spalte erhält man in der untersten Zeile einen Überblick darüber, welcher Altersklasse die untersuchten Zähne am häufigsten angehörten, also in welchem Alter die meisten der untersuchten Zähne extrahiert wurden. Eine mögliche Abhängigkeit des Auftretens der Seitenkanälchen vom Alter der Patienten kann hieraus nicht entnommen werden, da die Notwendigkeit der Extraktion neben vielen anderen Ursachen auch auf dem Vorhandensein von Seitenkanälchen beruhen kann. Die Untersuchung der Altersabhängigkeit ist an Zähnen, die wegen ihrer Nichterhaltungsfähigkeit extrahiert wurden, nicht möglich, da man mit ihnen ein Selektionsmaterial erhält.

Es soll hier der Anlaß gegeben werden, aufgrund weiterer Untersuchungen einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Lebensalter des Patienten und dem Vorkommen von Seitenkanälchen einerseits zu finden und andererseits das Auftreten von Kanalverzweigungen in Abhängigkeit von der Kariesresistenz bzw. -anfälligkeit zu untersuchen.

ZUSAMMENFASSUNG

Aufgrund nicht übereinstimmender Ergebnisse aus Arbeiten über die Seitenkanälchen menschlicher Zähne und der besonderen Bedeutung, die diesem Problem für die praktische Zahnheilkunde auf dem Gebiet der Erkrankungen der Pulpa und des Parodontiums und ihrer Therapie zukommt, wurde das Problem der Seitenkanälchen der Frontzähne und Prämolaren des menschlichen Gebisses neu bearbeitet.

Als geeignetste Methode für diese Untersuchung erwies sich die histologisch-mikroskopische.

Von Zähnen aller Altersklassen wurden nach Vorbehandlung und Imprägnierung mit Silbernitrat lückenlose Serienschritte angefertigt, Die Schnittebene verlief in der Längsachse des Zahnes, die Schnittstärke betrug anfangs 50μ , später 25μ . Es wurden insgesamt über 6000 histologische Präparate untersucht.

Die Befunde ergaben, daß Seitenkanälchen an Zähnen aller Altersklassen auftreten. Sie kommen vorzugsweise in der apikalen Region, also bis zu 2 mm vom Apex entfernt, vor, wurden aber auch in jeder anderen Entfernung vom Apex beobachtet.

Der Wurzelspitzenresektion als nötigenfalls ergänzender Maßnahme zur Wurzelbehandlung muß deshalb eine günstige Prognose gestellt werden.

Die Auswertung der Befunde, die auch unter Berücksichtigung mathematisch-statistischer Erkenntnisse erfolgt, ergab, daß sowohl das prozentuale Vorkommen von Wurzelkanalverzweigungen als auch die Angaben über das zahlenmäßige Auftreten an Zähnen mit verzweigtem Wurzelkanalsystem aufgrund dieser Untersuchungen höher anzusetzen sind, als in den Arbeiten der Autoren zum Ausdruck kommt, die das Problem nicht unter Zuhilfenahme der histologisch-mikroskopischen Methode untersuchten, wenn auch die z. T. erheblich höher liegenden Werte von MEYER / SCHEELE nicht bestätigt werden konnten.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Adloff, P. Das Durchsichtigmachen von Zähnen und unsere Wurzelfüllungsmethoden. Dtsch. Mschr. Zahnkde. XXXI., 7, 445 (1913).
2. Adrion, W. Die radikulären Seitenkanäle als Ursachen klinisch unklarer Krankheitsbilder. Dtsch. ZMK-hlk., Bd. 2, 2, 92 (1935).
3. Carabelli, G. Systematisches Handbuch der Zahnheilkunde. Wien 1844.
4. Fischer, G. Normale und pathologische Biologie des Zahnsystems. Berlin-Bielefeld-München 1953.
5. " Anatomie der Wurzelkanäle. Dtsch. Mschr. Zahnkde. XXV., 9, 544 (1907).
6. " Der heutige Stand der Wurzelbehandlung mit Rücksicht auf die feinere Anatomie menschlicher Wurzelkanäle insbesondere am Foramen apikale. Dtsch. Mschr. Zahnkde. XXX., 2, 81 (1912).
7. " Zur Anatomie der Wurzelkanäle. Zahnärztl. Rundschau, 63, 24, 693 (1954).
8. " Zur Anatomie der Wurzelkanäle der Fröntzähne. Zahnärztl. Praxis, 7., 2, 3 (1956).
9. Garus, K. W. Über die Verzweigungen der Wurzelkanäle menschlicher Zähne. Med. Diss. Düsseldorf 1950.
10. Good, J. Resultate der Pulpaexstirpation und Gangränbehandlung nach der Walkhoff'schen Methode nach röntgenolog.-stat. Nachkontrollen. Med. Diss. Zürich 1943.
11. Hattiyasy, D. Ein Beitrag zur Struktur der Zahnwurzel. Oesterr. Zeitschr. f. Stom., 54, 10, 505 (1957).
12. Haumann, N. Experimentelle Untersuchung über die Entkalkung von Zahnhartgewebe. Med. Diss. Kiel 1958.
13. Hess, W. Zur Anatomie der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses mit Berücksichtigung der feineren Verzweigungen am Foramen apikale. Habil.-schr. Zürich 1917.
14. Hess, W. Erkrankungen der Pulpa, Klinik und Therapie. In Häupl, Meyer, Schuchardt: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. München/Berlin 1955, Bd. 2, 472.

15. Hess, W. Die Anatomie der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses im Hinblick auf die sogenannte Wurzelbehandlung. In Häupl, Meyer, Schuchardt: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. München/Berlin 1955, Bd. 2, 536.
16. de Jonge, T. Die feinere Anatomie der Wurzelkanäle. In Häupl, Meyer, Schuchardt: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. München/Berlin 1958, Bd. 1, 179.
17. Junghenn, F. Ergebnisse der gesamten Zahnheilkunde. Aus Richter, E. (s. d.)
18. Kämmerling, W. Über die feinere Anatomie der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses, deren Markkanäle, Verzweigungen am For. apik. und Querbrückensysteme in verschiedenen Lebensaltern und Zahngruppen. Med. Diss. Bonn 1956.
19. Keller, O. Untersuchungen zur Anatomie der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses nach dem Aufhellungsverfahren. Inaug. Diss. Zürich 1928.
20. Klees, L. und Philipparth, R. Über Pulpo-Periodontal-Kanäle. Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 8, 4, 173 (1953).
21. Koller, S. Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. Darmstadt 1953.
22. Lenhossék, M. v. Mikroskopische Anatomie zur genaueren Kenntnis der Wurzelkanäle. In Scheff, J., Handbuch der Zahnheilkunde. Wien 1922.
23. Linde, P. Die Ramifikationen der Wurzelkanäle oberer und unterer Incisivi beim Menschen, dargestellt im Aufhellungsverfahren. Med. Diss. Heidelberg 1952.
24. Mayer, D. Die Schnellentkalkung von Hartgeweben mit Hilfe des gleichgerichteten elektrischen Stromes. Die Stomatologie, 1, 22 (1957).
25. Meyer, W. und Scheele, E. Die Anatomie der Wurzelkanäle (Eine vorläufige Mitteilung). DZZ, 19., 9, 497 (1954).
26. " Die Anatomie der Wurzelkanäle der oberen Frontzähne. DZZ, 10., 15, 1041 (1955).
27. Meyer, W. Die Darstellung der Wurzelkanäle. ZR, 64., 20, 532 (1955).
28. " Die Probleme der sogenannten Gangränbehandlung. DZZ, 10., 6, 529 (1955).

29. Meyer, W. Die Anatomie der Wurzelkanäle (Abschließender Bericht). DZZ 14., 17, 1239 (1959).
30. Preiswerk, G. Lehrbuch und Atlas der Konservierenden Zahnheilkunde. München 1903.
31. Proell, F. W. Stellungnahme zur Arbeit von W. Meyer und E. Scheele: "Die Anatomie der Seitenkanälchen" und zu G. Fischers Kritik derselben. ZR, 64., 14, 374 (1955).
32. Richter, E. Die Verästerlungen des Wurzelkanals. Med. Diss. Berlin 1936.
33. Romeis, B. Mikroskopische Technik. München 1948.
34. Scheele, E. Die Darstellung der Regio ramificationis an den Wurzelkanälen menschlicher Zähne im vergrößerten Wachsmo-
dell. Med. Diss. Göttingen 1954.
35. Spalteholz, W. Mikroskopie und Mikrochemie. Leipzig 1904.
36. " Über das Durchsichtigmachen von menschlichen und
tierischen Präparaten. Leipzig 1911.
37. Straßmann, F. Persönliche Mitteilung
38. Visser, J. B. Beitrag zur Kenntnis der menschlichen Zahnwurzel-
formen. Inaug. Diss. Zürich 1948.
39. Waechter, R. Zur Anatomie der Seitenverzweigungen des Wurzel-
nals. Oesterr. Zschr. f. Stom., 54., 10, 529 (1957).
40. " Zur praktischen Bedeutung der Seitenkanälchen.
DZZ, 12., 22, 1598 (1957).
41. Walkhoff, O. - Lehrbuch der Konservierenden Zahnheilkunde.
Hess, W. Leipzig 1959, Bd. 2, 471.

Für die Überlassung des Themas, die Erlaubnis, an seiner Klinik zu arbeiten und für die stetige Unterstützung meiner Arbeit bin ich Herrn Professor Dr. Dr. Hermann zu großem Dank verpflichtet.

Herrn Professor Dr. S. Koller danke ich für die Einführung in die Methodik zur Beurteilung von Statistiken.

LEBENS LAUF

Am 24.3.1936 wurde ich als einer von Zwillingssöhnen des Zahnarztes Dr. Martin Boettcher und seiner Ehefrau Käte, geb. Bettinger, in Dresden geboren. Dort besuchte ich von 1942 - 1950 die Volks- bzw. Grundschule und anschließend von 1951 - 1954 die Oberschule.

Weil meine Studienwünsche in der sowjetisch besetzten Zone nicht berücksichtigt wurden, absolvierte ich in Berlin das 13. Schuljahr und hatte 1955 nach Ablegung der Ergänzungs-Reifeprüfung nunmehr die Möglichkeit des Studiums.

Vom WS 1955/56 bis SS 1960 studierte ich mit Ausnahme eines Semesters, welches ich in Freiburg i. Brsg. verbrachte, in Berlin an der Freien Universität Zahnheilkunde. Das Staatsexamen legte ich im WS 1960/61 ab und erhielt am 13. März 1961 meine Bestallung als Zahnarzt.

